

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
—
PARIS
—

(11) N° de publication : **2 620 536**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **87 12600**

(51) Int Cl⁴ : G 01 V 1/38; G 01 S 5/02.

(12) **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

(22) Date de dépôt : 11 septembre 1987.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPi « Brevets » n° 11 du 17 mars 1989.

(60) Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

(71) Demandeur(s) : *COMPAGNIE GENERALE DE GEOPHY-
SIQUE. — FR.*

(72) Inventeur(s) : Michel Regnault.

(73) Titulaire(s) :

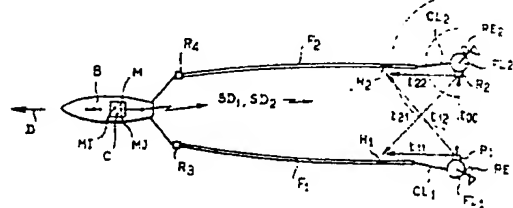
(74) Mandataire(s) : Cabinet Regimbeau, Martin, Schrimpf,
Warcoin et Ahner.

(54) Procédé de localisation de l'extrémité active d'une flûte de prospection géophysique marine et système correspon-
dant.

(57) L'invention concerne un procédé et un système de locali-
sation de l'extrémité active d'une flûte de prospection géophy-
sique marine. Chaque flotteur de queue FL₁, FL₂ est muni d'un
répondeur acoustique identifié R₁, R₂, permettant d'émettre sur
déclenchement une onde acoustique omni-directionnelle.

Chaque extrémité active des flûtes F₁, F₂ est muni d'un
récepteur H₁, H₂ de l'onde acoustique omni-directionnelle. Un
signal codé SD₁, SD₂ est émis du bateau B et permet le
déclenchement d'un répondeur acoustique identifié R₁ ou R₂, et
les temps de propagation t₁₁, t₁₂, t₂₁, t₂₂, de l'onde acoustique
omni-directionnelle entre la source d'émission constituée par le
répondeur acoustique R₁, R₂ et les récepteurs d'extrémité H₁,
H₂, sont mesurés et déterminés. La position réelle des récep-
teurs d'extrémité H₁, H₂ et les extrémités actives correspon-
dantes des flûtes F₁, F₂ est calculée par triangulation par
rapport aux positions de flotteurs de queue correspondant FL₁,
FL₂.

Application à la prospection géophysique marine à des
installations mono ou multi-flûtes.



PROCEDE DE LOCALISATION DE L'EXTREMITÉ
ACTIVE D'UNE FLUTE DE PROSPECTION GEOPHYSIQUE MARINE
ET SYSTEME CORRESPONDANT

5

La présente invention concerne un procédé et un système de localisation de l'extrémité active d'une flûte de prospection géophysique marine.

0

Une flute de prospection géophysique marine comporte habituellement un câble semi-rigide comprenant une pluralité d'hydrophones interconnectés de façon à constituer une ou plusieurs voies de réception. Ce type d'appareillage est appelé "Streamer" en langage anglo-saxon. En cours de campagne de prospection, une ou plusieurs flutes sont déroulées et remorquées par un bateau. Les flutes présentent une longueur de l'ordre de trois kilomètres et en opération de prospection les échos d'une source sismique, remorquée elle aussi par le bateau, sont détectés par la ou les flutes et enregistrés par des moyens d'enregistrement embarqués sur le bateau.

5

Afin d'obtenir des images sismiques de qualité, par traitement de données d'échos, il est primordial de connaître la position des flutes par rapport au bateau avec une bonne précision. On a proposé d'associer à chaque flute une pluralité de compas magnétiques régulièrement répartis sur la longueur de la flute afin de déterminer l'orientation et la position de celle-ci. Un flotteur de queue est associé à l'extrémité libre de la flute et l'orientation des différents compas et la détermination de la position du flotteur de queue permet en principe de déterminer l'orientation et la position de la flute considérée.

10

La solution précédemment décrite n'est cependant pas satisfaisante en raison d'une part, de l'incertitude globale de position déduite de la lecture des compas magnétiques. D'autre part, le flotteur de queue doit, pour des raisons de découplage au bruit de surface de la flute,

15

20

25

30

être relié par un câble de liaison de faible impédance mécanique. Ces câbles de liaison présentent une longueur de l'ordre de 300 mètres et la détermination de la position vraie du flotteur de queue ne peut donc en aucun cas prétendre constituer une détermination de la position vraie de l'extrémité active de la flute. Par extrémité active de la flute on entend tronçon de celle-ci munie d'hydrophones constituant une voie de réception. La partie active en extrémité active de la flute est habituellement prolongée d'une partie inerte à laquelle est rattaché le câble de liaison.

La présente invention a pour but de remédier aux différentes imperfections précitées par la mise en oeuvre d'un procédé et d'un système de localisation de l'extrémité active d'une flute de prospection géophysique marine permettant de définir la position de l'extrémité active de la flute par rapport au flotteur de queue avec une précision de l'ordre de 1 mètre dans la direction perpendiculaire à la direction d'avancement du bateau.

Un autre objet de la présente invention est la mise en oeuvre d'un procédé et d'un système de localisation de l'extrémité active d'une flute de très grande précision, dans lequel la position de référence de chaque flotteur de queue est déterminée par rapport à un système de radionavigation ou de radiolocalisation à terre.

Un autre objet de la présente invention est la mise en oeuvre d'une flute de prospection géophysique marine de structure nouvelle particulièrement adaptée à la mise en oeuvre du procédé et du système selon l'invention.

Le procédé selon l'invention de localisation de l'extrémité active d'une flute de prospection géophysique marine dans une installation comportant au moins deux flutes remorquées par un bateau muni d'un calculateur de bord et d'un système de communication de radio, chaque flute comportant à son extrémité inerte un flotteur de queue relié à cette extrémité inerte par l'intermédiaire d'un câble de liaison, est remarquable en ce qu'il consiste à munir chacun des flotteurs de queue d'un répondeur acoustique identifié permettant d'émettre, sur déclenchement, une onde acoustique omnidirectionnelle, à munir chacune des extrémités actives des

flutes d'un récepteur de l'onde acoustique omnidirectionnelle, puis, successivement, à émettre à partir du système de communication radio du bateau un signal codé permettant le déclenchement d'un répondeur acoustique identifié déterminé, à détecter au niveau de chacun des récepteurs d'extrémité active des flutes l'onde acoustique entre la source
5 d'émission constituée par le répondeur acoustique identifié et lesdits récepteurs d'extrémité, à mémoriser les temps de propagation puis à répéter séquentiellement les étapes précédentes pour chacun des répondeurs acoustiques identifiés, à calculer la position réelle des récepteurs d'extrémité de l'onde acoustique omnidirectionnelle
0 et de l'extrémité active correspondante desdites flutes par triangulation par rapport aux positions des flotteurs de queue correspondants.

La flute de prospection géophysique marine objet de l'invention comporte une pluralité d'hydrophones constituant la zone active
5 de celle-ci, la flute étant formée d'une pluralité de tronçons analogues interconnectés par des connecteurs. Elle est remarquable en ce qu'elle comporte entre le dernier tronçon actif de la flute et la partie inerte de celle-ci un tronçon d'extrémité relié à la partie active par un connecteur, ledit tronçon d'extrémité étant équipé d'un hydrophone récepteur.

10 Le système de localisation de l'extrémité active d'une flute de prospection géophysique marine dans une installation comportant au moins deux flutes remorquées par un bateau, chaque flute comportant à son extrémité inerte un flotteur de queue relié à cette extrémité inerte par l'intermédiaire d'un câble de liaison, est remarquable en ce qu'il comporte
15 un répondeur acoustique identifié associé à chacun des flotteurs de queue et permettant d'émettre une onde acoustique omnidirectionnelle, un récepteur d'extrémité associé à l'extrémité active de chacune desdites flutes, des moyens d'émission séquentielle d'un signal codé permettant le déclenchement d'un répondeur acoustique identifié correspondant déterminé,
20 des moyens de détection, au niveau de chacun des récepteurs d'extrémité active, de l'onde acoustique omnidirectionnelle et de détermination du temps de propagation de ladite onde acoustique entre la

source d'émission constituée par le répondeur acoustique identifié considéré et chaque récepteur d'extrémité, des moyens de mémorisation desdits temps de propagation et des moyens de calcul par triangulation de la position vraie de chaque récepteur d'extrémité et de l'extrémité active correspondante desdites flutes par rapport aux positions des flotteurs de queue correspondants.

Le procédé, le système et la flute de prospection géophysique marine objets de l'invention trouvent application à la prospection géophysique marine de précision.

Une description du procédé et du système de localisation de l'extrémité active d'une flute de prospection géophysique marine et d'une telle flute de prospection sera donnée dans la description et dans les dessins ci-après dans lesquels :

- la figure 1a représente une vue de profil d'un bateau remorquant au moins une flute prospection géophysique marine,
- la figure 1b représente une vue de dessus de la figure 1a dans laquelle le bateau est réputé remorquer deux flutes de prospection géophysique marine,
- la figure 1c représente, de façon non limitative dans le cas d'une seule flute, un schéma de protocole d'intercommunication entre le bateau remorqueur et ses installations de communication radio, un système de radionavigation et le flotteur de queue pour déterminer la position exacte de celui-ci par rapport au système de radio navigation,
- la figure 1d représente de façon non limitative une variante de réalisation du procédé objet de l'invention dans le cas où une seule flute est utilisée,
- la figure 2 représente à titre d'exemple non limitatif, un schéma synoptique des moyens de détection, au niveau de chacun des récepteurs d'extrémité active, de l'onde acoustique omnidirectionnelle et de détermination des temps de propagation de l'onde acoustique,
- la figure 3a, relative à l'art antérieur, représente une flute de type classique, plus précisément l'extrémité active de celle-ci,

- la figure 3b représente une flute particulièrement adaptée à la mise en oeuvre du procédé et du système de localisation de l'extrémité active d'une flute de prospection géophysique marine conformément à la présente invention.

5 Le procédé de localisation de l'extrémité active d'une flute de prospection géophysique marine, objet de l'invention sera tout d'abord décrit en liaison avec les figures 1a et 1b.

0 Le procédé de localisation de l'extrémité active d'une flute de prospection géophysique marine, objet de l'invention, peut être mis en oeuvre dans une installation comportant au moins deux flutes notées F_1 , F_2 sur la figure 1b et sur la figure 1a, ces flutes étant remorquées par un bateau B. Bien entendu dans un cas particulier de mise en oeuvre du procédé, objet de l'invention, celui-ci peut également être mis en oeuvre dans le cas où une seule flute de prospection géophysique marine, ci-après désignée dans la description par le seul terme flute, est remorquée par un

5 bateau B ainsi qu'il sera décrit ultérieurement dans la description.

Bien entendu, selon une caractéristique avantageuse pour la mise en oeuvre du procédé objet de l'invention, le bateau B est muni d'un calculateur de bord C ainsi que d'un système double de communication radio lesquels sont notés sur chacune des figures précitées par les

10 références MI et MJ.

Ainsi qu'on l'a en outre représenté en figure 1a et 1b, chaque flute F_1 , F_2 , comporte à son extrémité inerte un flotteur de queue FL1, FL2 relié à l'extrémité inerte précitée par l'intermédiaire d'un câble de liaison CL1, CL2. Bien entendu, dans le cas des figures 1a, 1b, on a

25 représenté une installation comportant uniquement deux flutes ceci afin de ne pas compliquer inutilement les dessins. Il est bien entendu que le procédé objet de l'invention, s'applique à une installation comportant un nombre quelconque de flute.

30 Conformément à l'objet de l'invention, le procédé de localisation de l'extrémité active d'une flute de prospection géophysique marine consiste à munir chacun des flotteurs de queue tels que FL1, FL2, d'un répondeur acoustique identifié R1, R2. Chaque répondeur acoustique identifié R1, R2 permet d'émettre une onde acoustique omnidirectionnelle.

Les répondeurs acoustiques identifiés R1 ou R2 peuvent être constitués par des répondeurs acoustiques normalement disponibles dans le commerce et commercialisés en France par la société CRM (SIMRAD).

En outre, conformément au procédé objet de l'invention, celui-ci consiste à munir chacune des extrémités actives des flutes F1, F2 d'un récepteur H1, H2, respectivement pour chaque flute F1, F2. Ce récepteur permet la réception de l'onde acoustique omnidirectionnelle.

Selon un mode opératoire particulièrement avantageux, le procédé de localisation de l'extrémité active d'une flute objet de l'invention consiste alors successivement à émettre à partir du système de communication radio, le système de communication radio MJ, par exemple, situé sur le bateau B, un signal codé noté SD1, SD2 permettant le déclenchement d'un répondeur acoustique identifié déterminé R1, R2, et l'émission de l'onde acoustique omnidirectionnelle. En outre l'émission de chaque signal codé SD1, SD2 puis la transmission de ces derniers peuvent être effectuées par l'intermédiaire des circuits ou lignes de transmission intégrées à chacune des flutes F1, F2. D'une manière avantageuse, chaque signal codé SD1, SD2 peut consister en un signal d'émission de fréquence f1 ou f2 déterminé comprise dans une bande de fréquence allouée spécialement à cet effet. On notera bien entendu que les signaux codés SD1, SD2 sont des signaux radio-électriques de très faible niveau, c'est-à-dire en fait d'un niveau suffisant pour atteindre une portée de l'ordre de 3 à 4 kilomètres. Bien entendu, on comprendra que le signal codé SD1, permet le déclenchement du répondeur acoustique ainsi identifié R1, celui-ci étant par exemple accordé sur la fréquence f1 du signal codé SD1 et le signal codé SD2 permet le déclenchement du répondeur acoustique identifié R2 celui-ci étant par exemple accordé sur la fréquence f2 du signal SD2.

Conformément au procédé objet de l'invention, celui-ci consiste à détecter ensuite au niveau de chacun des récepteurs d'extrémité active des flutes, les récepteurs H1 ou H2, l'onde acoustique omnidirectionnelle et à déterminer les temps de propagation notés t00, t11, t12, t21, t22,

de l'onde acoustique entre la source d'émission constituée par le répondeur acoustique identifié considéré R1 ou R2 et les récepteurs d'extrémité H1 ou H2. Les temps de propagation t11, t12, t21, t22 sont bien évidemment mesurés par une impulsion de référence de temps, synchrone par exemple
5 par rapport à l'instant de déclenchement de chaque répondeur R1 ou R2.

Le procédé objet de l'invention consiste alors à mémoriser les temps de propagation précités t00, t11, t12, t21, t22.

On comprendra bien entendu, que, pour l'émission d'une onde acoustique omnidirectionnelle donnée par l'un des répondeurs acoustiques
10 R1 ou R2, peuvent ainsi être mémorisés les temps de propagation correspondant t11, t12, t21, t22.

Le temps t00 est en fait la différence de temps de propagation en milieu aérien entre les flotteurs de queue FL1, FL2. Cette différence de temps est représentative de la distance séparant ces derniers.
15 Le mode opératoire permettant d'obtenir la mesure du temps t00 sera décrit ultérieurement dans la description.

Le procédé objet de l'invention consiste bien entendu à répéter séquentiellement les étapes précédentes consistant successivement à émettre un signal codé SD1 ou SD2, puis à détecter les temps de
20 propagation correspondants t11, t12, ou t21, t22 puis à mémoriser ces temps de propagation pour chacun des répondeurs acoustiques identifiés R1 ou R2.

La position réelle des récepteurs d'extrémité H1, H2 de l'onde acoustique omnidirectionnelle et en définitive de l'extrémité active
25 correspondante des flutes F1, F2 peut alors être calculée par triangulation par rapport aux positions des flotteurs de queue correspondant FL1, ou FL2 respectivement. Bien entendu, pour un nombre plus important de flutes, les opérations précédentes sont répétées séquentiellement pour chaque répondeur acoustique identifié considéré.

30 Afin de parfaire la détermination de positionnement de

chaque flute F1, F2, celles-ci peuvent, de manière non limitative être munies de compas magnétiques permettant de mesurer en fait l'orientation de chacune d'elles. Ces compas magnétiques ne sont pas représentés sur les flutes F1, F2 afin de ne pas surcharger les dessins.

5 En outre, afin de déterminer avec précision la position des têtes de flutes F1 ou F2, chacune peut être munie d'un répondeur acoustique noté respectivement R3, R4. Le bateau B est alors muni sous sa coque d'un système acoustique immergé noté SA et le déclenchement séquentiel des répondeurs acoustiques R3 et R4 permet par la réception
10 d'une onde acoustique omnidirectionnelle émise par chaque répondeur R3, R4 par le système acoustique FA de déterminer la position de chaque tête de flute.

Selon une caractéristique particulièrement avantageuse du procédé objet de l'invention, et afin d'obtenir une précision particulièrement grande du positionnement de chaque flute F1 ou F2, le système de
15 communication radio du bateau B comporte en fait deux ensembles M1, M2 de communication radio, le système M1 permettant par exemple la réception de signaux engendrés par un système de radio localisation ou de radio-navigation à terre.

Un des modes opératoires particulièrement avantageux du
20 procédé objet de l'invention sera décrit en liaison avec la figure 1c dans laquelle le système de radio navigation à terre a été représenté par des balises notées respectivement S1, Si, Si + 1, Sn.

Dans le mode opératoire précité, les flotteurs de queue tels que FL1 ou FL2 sont munis chacun d'un répondeur électronique RE1, RE2.
25 Sur la figure 1c on a représenté une seule flute, la flute F1, afin de ne pas surcharger les dessins. La flute F1 est réputée orientée selon la direction

$\Delta 2$ et l'axe du bateau B selon la direction $\Delta 1$ par rapport au nord géographique N. Sur les figures 1a et 1b, on a en outre représenté les répondeurs électroniques RE1 et RE2 fixés à la hampe d'un fanion de
30 matérialisation du flotteur FL1 ou FL2 à titre d'exemple non limitatif, les

répondeurs électroniques RE1 et RE2 ayant avant tout la qualité de réception et de transmission radio électrique aérienne.

Chaque répondeur électronique RE1 et RE2 est susceptible de recevoir les signaux émis par les balises du système de radio localisation S_i , S_{i+1} ainsi que des signaux d'interrogation émis par les moyens de communication du bateau B. La position des flotteurs de queue FL1, FL2 est alors déterminée comme position absolue par rapport au système de radio localisation à terre S_i , S_{i+1} conformément au protocole d'intercommunication et de radio localisation ci-après.

Le procédé objet de l'invention sera tout d'abord décrit selon une variante avantageuse de réalisation non limitative, dans le cas où le système de radionavigation de référence est constitué par un système de radionavigation à localisation de type circulaire. Dans ce cas, le procédé, conformément à l'invention, relativement aux étapes de localisation, consiste à déterminer la position du bateau B par rapport au système de radionavigation, puis à déterminer la position du flotteur de queue FL1 par rapport à ce même système de radionavigation de référence, selon un protocole de localisation ci-après.

Le bateau B comprend un moyen de radio communication comportant un premier moyen d'intercommunication MI entre le bateau B et les sources balises de référence S_i , S_{i+1} d'un système de radionavigation ou radio localisation à terre et un deuxième moyen d'intercommunication MJ entre le deuxième bateau B et un répondeur électronique RE₁, RE₂ solidaire du flotteur de queue FL₁, FL₂. La direction $\Delta 1$ est par exemple la direction de l'axe du bateau B.

Le protocole de localisation dans le cas précité, peut consister à interroger au moyen du premier moyen MI, chacune des sources balises de référence notées S_i , S_{i+1} ou une pluralité de celles-ci, pour établir, à partir des temps de trajet aller-retour entre le bateau B et chacune des sources balises de référence S_i , S_{i+1} interrogées, les distances successives MS_i ou BS_i séparant le bateau B de chacune des sources balises de

référence S_i, S_{i+1} . La position du bateau B est alors déterminée à partir des positions des sources balises de référence notées S_i, S_{i+1} . Sur la figure 1c, on a noté F_i la fréquence du signal d'interrogation de chacune des sources S_i par les moyens d'intercommunication M_i . La fréquence d'émission de chaque source S_i étant notée F_{S_i} .

5 Simultanément à la réception des signaux d'émission de fréquence F_{S_i} émis par la source balise correspondante S_i , ce même signal d'émission est en outre reçu au moyen du répondeur électronique RE_1, RE_2 du flotteur de queue FL_1, FL_2 , le signal d'émission de fréquence F_{S_i}, F_{S_i+1} étant émis en réponse à l'interrogation par la source balise de
10 référence considérée. Le signal d'émission reçu par le répondeur RE_1, RE_2 précédemment cité est en outre retransmis et reçu par l'intermédiaire du deuxième moyen d'intercommunication M_j du bateau B par exemple, au bateau B, de façon à déterminer, à partir de l'instant d'interrogation successif de chacune des sources balises de référence S_i , le trajet en circuit
15 fermé noté M, S_i, FL_1, M . Ce trajet est formé par les distances élémentaires $MS_i, S_i FL_1$ et $FL_1 M$ séparant respectivement le bateau B, la source balise de référence S_i considérée et le flotteur de queue FL_1, B et M étant confondus.

Conformément au protocole de localisation représenté en
20 figure 1c, une interrogation au moyen du deuxième moyen d'intercommunication M_j du flotteur de queue FL_1 permet de déterminer la distance, séparant le point R du bateau B du flotteur de queue FL_1 . La distance séparant le flotteur de queue FL_1 d'au moins deux sources de balises de référence notées S_i, S_{i+1} , distance notée S_i, FL_1, S_{i+1}, FL_1 est
25 déterminée par le calcul de la différence entre les distances des trajets en circuit fermé correspondantes, distances notées $MS_i FL_1 M, MS_{i+1} FL_1 M$ et la distance notée $M FL_1$.

La position du flotteur de queue FL_1 par localisation de type circulaire par rapport au système de radionavigation de référence, peut
30 alors être déterminée à partir des distances notées $S_i FL_1, S_{i+1} FL_1$ séparant le flotteur de queue FL_1 des sources balises de référence d'ordre $i, i+1$.

Conformément à une caractéristique avantageuse du procédé objet de l'invention, la retransmission au bateau B du signal d'émission de fréquence FS_i , reçu par le répondeur électronique RE1 par l'intermédiaire du deuxième moyen d'intercommunication MJ et /ou l'interrogation du flotteur de queue FL_1 au moyen du deuxième moyen d'intercommunication MJ, peuvent être effectuées à faible puissance et à une fréquence porteuse f_{FL1} , F_{FL1} de valeur différente de la fréquence d'émission FS_i , $FS_i + 1$ des sources balises de référence Si , $Si + 1$.

Le protocole précédent décrit pour la localisation du seul flotteur de queue FL_1 , à titre de simplification peut alors être répété pour tout autre flotteur de queue FL_2 ou autre et la détermination de leur position respective par rapport au système de radionavigation peut ainsi être obtenue successivement. D'autres systèmes de radionavigation peuvent bien entendu être utilisés de façon non limitative.

Suite au protocole de localisation précité mis en oeuvre pour chaque flotteur de queue $FL1$, $FL2$, successivement, la différence de temps de propagation t_{00} peut alors être calculée par différence des temps de propagation $MISiFL1B$ et $MISiFL2B$.

Ainsi qu'on peut le remarquer sur les figures 1a et 1b, les répondeurs acoustiques $R1$, $R2$ et $R3$, $R4$ notamment, contrairement au répondeur électronique RE1, RE2, lesquels sont aériens, sont immergés en milieu marin. Ainsi, les répondeurs acoustiques $R1$, $R2$ sont immergés sous le flotteur respectif $FL1$ ou $FL2$ à une profondeur de l'ordre de 2 mètres. Bien entendu, leur antenne de déclenchement destinée à recevoir les signaux codés respectifs $SD1$, $SD2$ est proéminente en milieu aérien au niveau de la partie supérieure du flotteur $FL1$ ou $FL2$. Les signaux $SD1$, $SD2$ peuvent également être transmis par les circuits et lignes de transmission intégrés à chacune des flutes.

En outre, chaque répondeur acoustique identifié $R1$, $R2$ voire $R3$, $R4$ émet sur déclenchement une onde de pression de fréquence de l'ordre de 30 kHz.

On remarquera que, d'une manière avantageuse, la mise en oeuvre du système de détermination de position des flotteurs $FL1$, $FL2$ pourra être réalisée au moyen du système SYLEDIS commercialisé par la

société d'Etudes, Recherches et Construction Electronique, SERCEL. En particulier, le système de radio communication tel que les répondeurs électroniques et les moyens d'intercommunication ou de radio communication MJ peuvent être constitués par des radios balises ou des répondeurs de type SB5.

Le procédé objet de l'invention peut en outre être mis en oeuvre dans le cas où l'installation comporte une seule flute F1 ainsi que représenté sur la figure 1d.

Dans ce cas, le câble de liaison CL peut alors être avantageusement muni d'un compas magnétique CM lequel permet de déterminer l'orientation vraie de câble de liaison CL par rapport au flotteur de queue FL1. La détermination de l'extrémité active de flute est alors effectuée par rapport au flotteur de queue FL1 en coordonnées polaires à partir de la direction 1 par rapport au nord géographique du câble de liaison CL et du temps de propagation t1 de l'onde acoustique omnidirectionnelle émise par le répondeur acoustique R1.

Une description plus complète de l'ensemble du système de localisation de l'extrémité active d'une flute de prospection géophysique marine objet de l'invention sera donnée en liaison avec les figures 1a, 1b, et 2.

Ainsi qu'on le remarquera sur les figures 1a et 1b précitées le système objet de l'invention est caractérisé par l'association d'un répondeur acoustique identifié R1, R2 à chacun des flotteurs de queue FL1, FL2. Chaque répondeur acoustique permet d'émettre une onde acoustique omnidirectionnelle conformément aux indications précédemment données relativement à la mise en oeuvre du procédé.

Un récepteur d'extrémité H1, H2 est également associé à l'extrémité active de chacune des flutes F1, F2.

Les moyens de communication radio embarqués sur le bateau B sont constitués d'une part, par des moyens de communication radio M1 permettant l'interrogation d'un système de radio navigation représenté par les balises Si, Si+1 sur la figure 1c, et par un système de communication radio auxiliaire MJ constitué en moyen d'émission séquentielle d'un signal codé tel que SD1, SD2 et éventuellement SD3, SD4 permettant le

déclenchement d'un répondeur acoustique identifié correspondant R1, R2, R3, R4.

Le système objet de l'invention comporte également embarqué à bord du bateau B des moyens M de détection au niveau de chacun des récepteurs d'extrémité active H1, H2 de l'onde acoustique omnidirectionnelle, ces moyens M permettant en outre la détermination du temps de propagation t11, t12, t21, t22 de l'onde acoustique entre la source d'émission constituée par le répondeur acoustique identifié R1, R2 considéré, c'est à dire déclenché par le signal codé SD1, SD2, et chaque récepteur d'extrémité H1, H2.

Bien entendu à ces moyens de détection et de détermination du temps de propagation, t11, t12, t21, t22 précités, sont associés également des moyens de mémorisation de ces temps de propagation.

On comprendra facilement que les moyens de mémorisation du temps de propagation peuvent avantageusement être constitués par les mémoires de masse et les mémoires permanentes normalement associées en tant qu'équipement périphérique du calculateur embarqué C sur le bateau. Ce type d'équipement ne sera pas décrit en détail car il fait partie des équipements habituels, des calculateurs et des calculateurs de bord ou des calculateurs spéciaux embarqués sur les navires de prospection géophysique marine.

Ce même calculateur ou le calculateur spécial embarqué sur le bateau B comporte des moyens de calcul par triangulation de la position vraie de chaque récepteur d'extrémité H1, H2 et de l'extrémité active correspondante des flutes F1, F2 par rapport aux positions des flotteurs de queue correspondant FL1, FL2. Ces moyens de calcul C sont constitués normalement par le calculateur embarqué lui-même assorti d'un programme de calcul dans lequel peuvent être entrés des paramètres tels que la vitesse de déplacement du bateau B, la densité de l'eau de mer et sa température.

Ces moyens de calcul C peuvent alors être munis d'un sous programme de calcul de la vitesse de propagation de l'onde acoustique omnidirectionnelle en fonction des paramètres physiques du milieu de

propagation constitué par l'eau de mer. Une description plus détaillée de ce mode de calcul ne sera pas donnée dans la présente description car les programmes correspondants font appel à des notions physiques parfaitement connues de l'homme de métier et les techniques de calcul sont également parfaitement connues en matière de programmation de calcul scientifique.

5 Une description plus détaillée des moyens M de détection au niveau de chacun des récepteurs d'extrémité active de l'onde acoustique omnidirectionnelle récepteur H1, H2 et de détermination de temps de propagation t_{11} , t_{12} , t_{21} , t_{22} précédemment cités de cette onde acoustique sera donnée en liaison avec la figure 2.

10 Bien que non représenté sur la figure 2 précitée, on comprendra, ainsi qu'il sera décrit plus en détail ultérieurement dans la description, que chaque récepteur d'extrémité H1, H2 est en fait relié par des lignes de transmission contenues dans la flute de prospection F1, F2 au moyen M de détection et de détermination du temps de propagation correspondant.

15 Ainsi qu'on l'a représenté en figure 2 dans le cas non limitatif d'un seul récepteur d'extrémité H1 par exemple, les moyens M de détection de l'onde acoustique omnidirectionnelle et de détermination du temps de propagation t_{11} , t_{12} peuvent avantageusement comporter deux chaînes semblables dont les éléments référencés A, B respectivement sont identiques, une des chaînes étant seule décrite. La chaîne A comporte un circuit 100A de mise en forme du type déclencheur lequel est déclenché par
20 le signal délivré par le récepteur d'extrémité H1 lors de la détection de l'onde acoustique omnidirectionnelle émise par le répondeur acoustique R1.
25 Le circuit 100A de mise en forme délivre par exemple une impulsion rectangulaire lorsque le signal délivré par le récepteur d'extrémité H1 dépasse un certain niveau de seuil prédéterminé. Ce seuil peut bien entendu être réglable en fonction des conditions d'expérimentation. La sortie du circuit 100A de mise en forme est elle-même connectée à l'entrée
30 d'un circuit différenciateur 101A lequel a pour objet de délivrer une impulsion fine représentative sensiblement de l'instant de détection de

l'onde acoustique omnidirectionnelle détectée par le récepteur d'extrémité H1. Un circuit oscillateur de référence 102A comporte une borne d'entrée de déclenchement 1021A laquelle reçoit une impulsion de déclenchement synchrone du signal de déclenchement DS1 du répondeur acoustique considéré. Bien entendu, l'impulsion délivrée à la borne d'entrée 1021A est une impulsion synchrone du signal DS1. L'oscillateur 102A comporte également une deuxième borne d'entrée 1022A laquelle est connectée en sortie du circuit différenciateur 101A. La borne 1022A constitue une borne d'arrêt et l'impulsion fine délivrée par le circuit différenciateur 101A permet de commander l'arrêt de l'oscillateur 102A. L'oscillateur 102A est constitué par un oscillateur à fréquence très stable délivrant des impulsions d'horloge à une fréquence de récurrence de l'ordre de 10 MHz environ.

En outre un circuit 103A de comptage du signal base de temps délivré par l'oscillateur 102A reçoit sur son entrée le signal base de temps et délivre un signal numérique N_1 représentatif du temps de propagation, le temps t_{11} considéré. On comprendra bien entendu que le comptage du signal base de temps délivré par l'oscillateur 102A est ainsi effectué entre les instants de déclenchement c'est à dire d'émission du signal DS1 et l'instant de réception par le récepteur d'extrémité H1 de l'onde acoustique multidirectionnelle instant matérialisé par l'impulsion fine délivrée par le circuit différenciateur 101A.

Ainsi qu'on l'a représenté également en figure 2, la chaîne sensiblement analogue portant les mêmes références avec l'indice B est prévue, le premier circuit de mise en forme 100B étant alors relié au récepteur d'extrémité H2. Le circuit 103B de comptage permet alors de délivrer un signal numérique N_2 représentatif du temps de propagation t_{12} précité.

Ainsi qu'on le remarquera en figure 2 également, l'impulsion synchrone au signal DS1 de déclenchement ou au signal DS2 de déclenchement peut être délivrée par l'intermédiaire d'un circuit de type OU 105 lequel reçoit une impulsion calibrée synchrone du signal DS1 ou DS2 pourvu que ces deux signaux ne soient pas concomitants. On

comprendra bien entendu que le montage représenté en figure 2 parfaitement adapté dans le cas de deux flutes F1 ou F2 peut être complété et multiplié à plusieurs chaînes semblables dans le cas d'un nombre de flutes supérieur à deux.

5 Ainsi qu'en a en outre représenté en figure 2, les moyens de mémorisation des temps de propagation précités constitués par le calculateur de bord du bateau C muni de ses ressources périphériques sont connectées au circuit de comptage 103A, 103B du signal base de temps par l'intermédiaire d'un circuit d'interface parallèle 104. Les circuits de comptage 103A et 103B étant constitués par des compteurs délivrant
10 directement le résultat de comptage sous forme numérique, la liaison avec le circuit d'interface parallèle 104 peut alors être réalisée par une liaison de type bus ainsi que la liaison entre le circuit d'interface parallèle 104 et le calculateur C. On remarquera à titre d'exemple non limitatif que le circuit d'interface 104 peut être constitué par un circuit interface parallèle
15 mais qu'il peut être également constitué par un circuit d'interface de type parallèle comportant des mémoires auxiliaires destinées à mémoriser temporairement les signaux numériques N1 et N2, ces mémoires étant alors lues séquentiellement par l'intermédiaire d'un programme stocké dans les mémoires de programme du calculateur C. Ce type d'interface ne sera pas
20 décrit car il est parfaitement connu dans la technique de la transmission de données de type asynchrone.

On notera enfin que dans le cas où un nombre beaucoup plus important de flutes est utilisé dans l'installation, le circuit de type OU 105 peut être remplacé par un circuit multiplexeur recevant sur ses entrées les
25 impulsions synchrones des signaux DS1, DS2, DS3, DS4, ou d'ordre supérieur.

Ainsi qu'on pourra le remarquer en se reportant à nouveau aux figures 1A et 1B, chacun des répondeurs acoustiques identifiés R1, R2 ou même R3, R4 est immergé en fonctionnement à une profondeur supérieure
30 à un mètre par rapport au niveau marin. Les répondeurs acoustiques solidaires des flotteurs correspondants FL1 ou FL2 peuvent être alors fixés

sous le flotteur par des dispositifs appropriés.

De même on remarquera sur les figures précitées que chacun des flotteurs de queue comportent en partie aérienne un répondeur électronique RE1, RE2. On comprendra bien sûr que le répondeur électronique correspondant peut être fixé sur le flotteur ou même dans le
5 flotteur lui-même mais que une antenne d'émission-réception peut alors être montée solidaire d'une rampe portant un fanion de visualisation.

Les récepteurs d'extrémité H1, H2 peuvent avantageusement être constitués par un hydrophone lequel est alors interconnecté par des lignes de transmission contenues dans les flutes correspondantes F1, F2 au
10 moyen de détection de temps de propagation précédemment décrit en liaison avec la figure 2.

En outre, les moyens MJ permettant l'émission séquentielle du signal codé de déclenchement d'un répondeur acoustique identifié correspondant R1 ou R2 peuvent simplement émettre un signal à une
15 fréquence f1 ou f2 comprise dans une bande de fréquence allouée à cet effet. Bien entendu, les répondeurs acoustiques identifiés sont accordés sur la fréquence considérée.

Une description plus détaillée d'une flute de prospection géophysique marine conforme à l'objet de la présente invention sera donnée
20 en liaison avec les figures 3A et 3B. Ces figures représentent de manière schématique respectivement l'extrémité active d'une flute de l'art antérieur en ce qui concerne la figure 3A, et l'extrémité active d'une flute conforme à l'objet de la présente invention en ce qui concerne la figure 3B.

Sur la figure 3A dans le cas d'une flute de type classique, celle-ci comporte une extrémité active une pluralité d'hydrophones h1, h2, h3, h4. Ces hydrophones constituent la zone active de la flute et permettent d'effectuer les relevés sismiques pendant la campagne de
25 prospection. Ces hydrophones peuvent être connectés par exemple en parallèle, sur une longueur de tronçon constituant l'extrémité active de la flute par l'intermédiaire d'une ligne de transmission de type bifilaire, la
30 flute étant alors divisée en tronçons de longueur sensiblement égale qui

sont interconnectés par des connecteurs électriques. Ces éléments ne sont pas décrits en détail sur la figure 3A car ils correspondent à une structure classique de flutes normalement utilisées et connues dans l'état de la technique. En outre, en fin d'extrémité active de la flute, un compas magnétique CM peut être disposé lequel permet de donner l'orientation de l'extrémité active de la flute. Ce compas magnétique CM peut être suivi d'une partie neutre, c'est-à-dire d'une partie de même section que l'extrémité active de la flute mais ne comportant pas d'hydrophones de détection d'échos de prospection géophysique. Cette partie neutre permet un découplage mécanique de l'ensemble de la flute et de la partie active de celle-ci vis-à-vis des moyens de liaison au flotteur d'extrémité correspondant. Les moyens de liaison d'extrémité du flotteur correspondant peuvent alors être constitués par une ligne mécaniquement protégée T laquelle est mécaniquement solidaire de la partie neutre, cette ligne T étant munie d'un autre compas magnétique CM destiné à délivrer une information d'orientation de la partie câble de liaison CL lequel est directement solidaire du compas magnétique CM précité et relie ainsi la partie neutre et la ligne T de l'extrémité active de la flute au flotteur correspondant non représenté sur la figure 3A. Le câble de liaison peut être constitué par câble en nylon de faible section lequel permet ainsi le découplage au bruit de l'extrémité active et de la partie active de la flute.

Ainsi que représenté en figure 3b et conformément à un aspect particulièrement avantageux de la présente invention, la flute F_1 comporte entre le dernier tronçon actif, c'est-à-dire l'extrémité active de la flute, et la partie inerte de celle-ci, et plus particulièrement entre l'extrémité active de la flute et le compas magnétique CM, un tronçon d'extrémité constituant section hydrophone de positionnement. Ce tronçon d'extrémité est relié à la partie active de la flute par l'intermédiaire d'un connecteur CO et est équipé d'un hydrophone réception H_1 . Bien entendu, l'hydrophone H_1 récepteur est connecté au connecteur CO qui lui-même est connecté à une ligne bifilaire de transmission contenue dans l'extrémité active de la flute et qui permet ainsi la transmission des signaux détectés par le

récepteur d'extrémité H1 tout au long des tronçons analogues interconnectés, constituant la flute, jusque au moyen de détection M embarqué sur le bateau précédemment décrit en liaison notamment avec la figure 2.

De manière avantageuse, non limitative, le tronçon d'extrémité constituant section hydrophone de positionnement peut présenter une longueur comprise entre un et deux mètres. Il est bien entendu que le dimensionnement des différents composants et en particulier le tronçon d'extrémité constituant section hydrophone de positionnement peuvent alors être pris en compte afin de déterminer la position réelle de l'extrémité active de la flute.

En outre, de façon non limitative, on considère pour la mise en oeuvre du procédé objet de l'invention que les temps de propagation des signaux tels que les signaux délivrés par le récepteur de positionnement H1 sont alors négligeables par rapport au temps de propagation t_{11} , t_{12} , t_{21} , t_{22} de l'onde acoustique omnidirectionnelle dans le milieu marin entre le répondeur acoustique considéré et le récepteur d'extrémité H1, H2 considéré.

On a ainsi décrit un procédé et un système de positionnement de l'extrémité active d'une flute de prospection géophysique particulièrement intéressant dans la mesure où le positionnement de l'extrémité active de la flute, et, en définitive, de la flute elle-même, peut être réalisée par rapport au flotteur d'extrémité ou flotteur de queue d'une manière très précise. Le positionnement de ces mêmes flotteurs de queue conformément au procédé objet de l'invention par rapport à un système de radio navigation permet alors d'obtenir une configuration très précise de l'installation. En particulier, l'incertitude de positionnement de l'extrémité active de chaque flute dans une direction transversale à la direction d'avancée du bateau B, la direction D représentée sur les figures 1A et 1B, peut être rendue aussi faible que un mètre sensiblement pour une longueur de flute de l'ordre de trois kilomètres. Le gain en résolution des images obtenues par traitement des échos reçus par les hydrophones de la partie active de la flute est alors amélioré en conséquence.

REVENDICATIONS

1. Procédé de localisation de l'extrémité active d'une flute de prospection géophysique marine dans une installation comportant au moins deux flutes (F_1, F_2) remorquées par un bateau (B) muni d'un ordinateur de bord et d'un système de communication radio, chaque flute comportant à son extrémité inerte un flotteur de queue (FL_1, FL_2) relié à ladite extrémité inerte par l'intermédiaire d'un câble de liaison (CL_1, CL_2), caractérisé en ce que ledit procédé consiste :

- à munir chacun desdits flotteurs de queue (FL_1, FL_2) d'un répondeur acoustique identifié (R_1, R_2) permettant d'émettre, sur déclenchement, une onde acoustique omnidirectionnelle,

- à munir chacune des extrémités actives desdites flutes (F_1, F_2) d'un récepteur (H_1, H_2) de ladite onde acoustique omnidirectionnelle, puis successivement :

. a) à émettre à partir du système de communication radio du bateau un signal codé (SD_1, SD_2) permettant le déclenchement d'un répondeur acoustique identifié déterminé (R_1, R_2),

. b) à détecter au niveau de chacun desdits récepteurs d'extrémité active desdites flutes (H_1, H_2) ladite onde acoustique omnidirectionnelle et à déterminer les temps de propagation ($t_{11}, t_{12}, t_{21}, t_{22}$) de ladite onde acoustique entre la source d'émission constituée par ledit répondeur acoustique identifié considéré (R_1, R_2) lesdits récepteurs d'extrémité (H_1, H_2) et à déterminer la distance FL_1, FL_2 séparant les flotteurs de queue (FL_1, FL_2),

. c) - à mémoriser lesdits temps de propagation
- à répéter séquentiellement les étapes (a à c) précédentes pour chacun desdits répondeurs acoustiques identifiés (R_1, R_2),
- à calculer la position réelle desdits récepteurs d'extrémité (H_1, H_2) de ladite onde acoustique omnidirectionnelle et de l'extrémité active correspondante desdites flutes (F_1, F_2) par triangulation par rapport aux positions des flotteurs de queue correspondants (FL_1, FL_2).

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit système de communication radio du bateau permettant en outre la réception de signaux engendrés par un système de radiolocalisation à terre ($S_i, S_i + 1$) et lesdits flotteurs de queue (FL_1, FL_2) étant en outre munis chacun d'un répondeur électrique (RE_1, RE_2) susceptible de recevoir les signaux émis par les balises du système de radiolocalisation, la position desdits flotteurs de queue est déterminée comme position absolue par rapport audit système de radio localisation à terre ($S_i, S_i + 1$), la distance $FL_1 FL_2$ séparant les flotteurs de queue (FL_1, FL_2) étant déterminée par la différence de temps de propagation (t_{OO}) entre les trajets $MI S_i FL_1 B$ et $MI S_i FL_2 B$ constitués par les moyens de radiocommunication (MI) du bateau (B), la balise (S_i) considérée, le flotteur de queue (FL_1) ou respectivement FL_2 et le bateau (B).

3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que chaque répondeur acoustique (R_1, R_2) identifié associé à un flotteur de queue est immergé.

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que chaque répondeur acoustique identifié (R_1, R_2) émet une onde de pression de fréquence 30 kHz.

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que dans le cas où l'installation comporte une seule flute (F_1), ledit câble de liaison (CL) est muni d'un compas magnétique (CM) permettant de déterminer l'orientation vraie dudit câble de liaison (CL) par rapport au flotteur de queue (FL_1), la détermination de l'extrémité active de la flute étant effectuée par rapport au flotteur de queue (FL_1) en coordonnées polaires à partir de la direction (θ) et du temps de propagation (t_{11}) de l'onde acoustique.

6. Système de localisation de l'extrémité active d'une flute de prospection géophysique marine dans une installation comportant au moins deux flutes (F_1, F_2) remorquées par un bateau (B), chaque flute comportant à son extrémité inerte un flotteur de queue (FL_1, FL_2) relié à ladite extrémité inerte par l'intermédiaire d'un câble de liaison (CL), caractérisé en ce que ledit système comporte :

- un répondeur acoustique identifié (R_1, R_2) associé à chacun des flotteurs de queue et permettant d'émettre une onde acoustique omnidirectionnelle,

5 - un récepteur d'extrémité (H_1, H_2) associé à l'extrémité active de chacune desdites flutes (F_1, F_2),

- des moyens (MJ) d'émission séquentielle d'un signal codé (SD1, SD2) permettant le déclenchement d'un répondeur acoustique identifié (R_1, R_2) correspondant déterminé,

10 - des moyens (M) de détection, au niveau de chacun des récepteurs d'extrémité active, de l'onde acoustique omnidirectionnelle et de détermination du temps de propagation ($t_{11}, t_{12}, t_{21}, t_{22}$) de ladite onde acoustique entre sa source d'émission constituée par le répondeur acoustique identifié (R_1, R_2) considéré et chaque récepteur d'extrémité (H_1, H_2),

15 - des moyens de mémorisation (C) dudit temps de propagation.

- des moyens (C) de calcul par triangulation de la position vraie de chaque récepteur d'extrémité et de l'extrémité active correspondante desdites flutes par rapport aux positions des flotteurs de queue correspondants.

20 7. Système selon la revendication 6, caractérisé en ce que chacun des répondeurs acoustiques identifiés associé à un flotteur de queue est immergé, en fonctionnement, à une profondeur supérieure à un mètre par rapport au niveau marin.

25 8. Système selon l'une des revendications 6 ou 7, caractérisé en ce que chacun des flotteurs de queue comporte en partie aérienne un répondeur électronique.

30 9. Système selon l'une des revendications 6 à 8, caractérisé en ce que lesdits récepteurs d'extrémité sont constitués par un hydrophone interconnecté avec les lignes de transmission de chacune des flutes correspondantes.

10. Système selon l'une des revendications 6 à 9, caractérisé en ce que lesdits moyens d'émission séquentielle d'un signal codé permettant le déclenchement d'un répondeur acoustique identifié corres-

pendant déterminé émettent un signal codé selon un codage de fréquence.

11. Système selon l'une des revendications 6 à 10, caractérisé en ce que les moyens (M) de détection au niveau de chacun des récepteurs d'extrémité active de l'onde acoustique omnidirectionnelle et de détermination du temps de propagation de ladite onde acoustique entre la source d'émission constituée par le répondeur acoustique identifié considéré et chaque récepteur d'extrémité (H_1) comportent :

- un circuit (100 (A, B)) de mise en forme ou "trigger",
- un circuit (101 A, B) différenciateur permettant la mise sous forme d'impulsions des signaux délivrés par le circuit de mise en forme,
- un circuit oscillateur (102, 1, B) de référence délivrant un signal base de temps, ledit circuit (102, A, B) comportant une borne d'entrée de déclenchement (1021) recevant une impulsion de déclenchement synchrone du signal de déclenchement (DS1) du répondeur acoustique considéré et une borne arrêt (1022) recevant une impulsion délivrée par le circuit différenciateur (101, A, B) pour commander l'arrêt du circuit oscillateur (102),
- un circuit (102, A, B) de comptage du signal base de temps délivrant un signal numérique (N_1, N_2) représentatif du temps de propagation (t_{11}, t_{12}) considéré.

12. Système selon les revendications 6 à 9 et 10, caractérisé en ce que les moyens de mémorisation desdits temps de propagation sont constitués par le calculateur de bord (C) du bateau muni de ses ressources périphériques, ledit calculateur de bord (C) étant connecté audit circuit (103 A, B) de comptage du signal base de temps par l'intermédiaire d'un circuit d'interface parallèle (104).

13. Système selon l'une des revendications 9 à 12, caractérisé en ce qu'il comporte une flute comportant une pluralité d'hydrophones constituant la zone active de celle-ci, ladite flute étant formée d'une pluralité de tronçons analogues interconnectés par des connecteurs, caractérisé en ce que ladite flute comporte entre le dernier tronçon actif de la flute et la partie inerte de celle-ci un tronçon d'extrémité relié à la partie active par un connecteur, ledit tronçon d'extrémité étant équipé d'un hydrophone récepteur.

14. Système selon la revendication 13, caractérisé en ce que ledit tronçon d'extrémité a une longueur comprise entre un mètre et deux mètres.

5

10

15

20

25

30

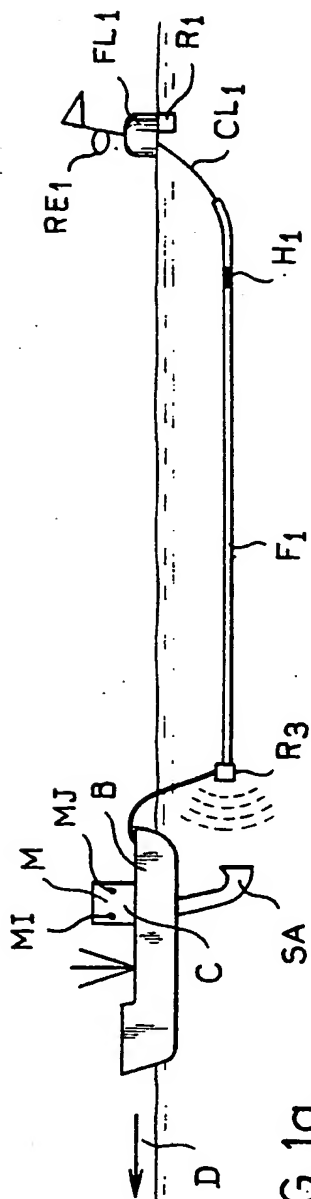


FIG. 1a

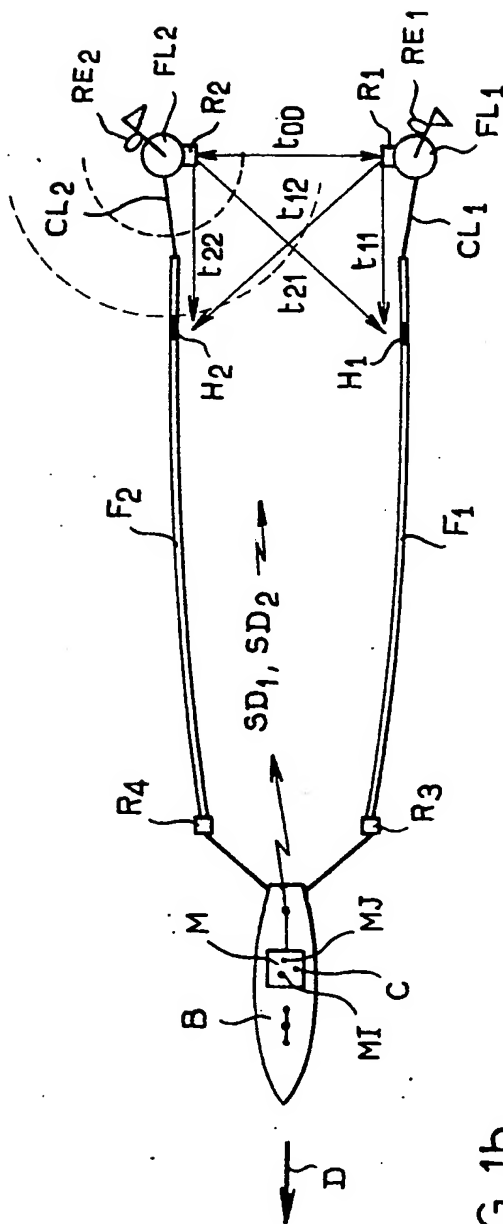


FIG. 1b

2 / 4

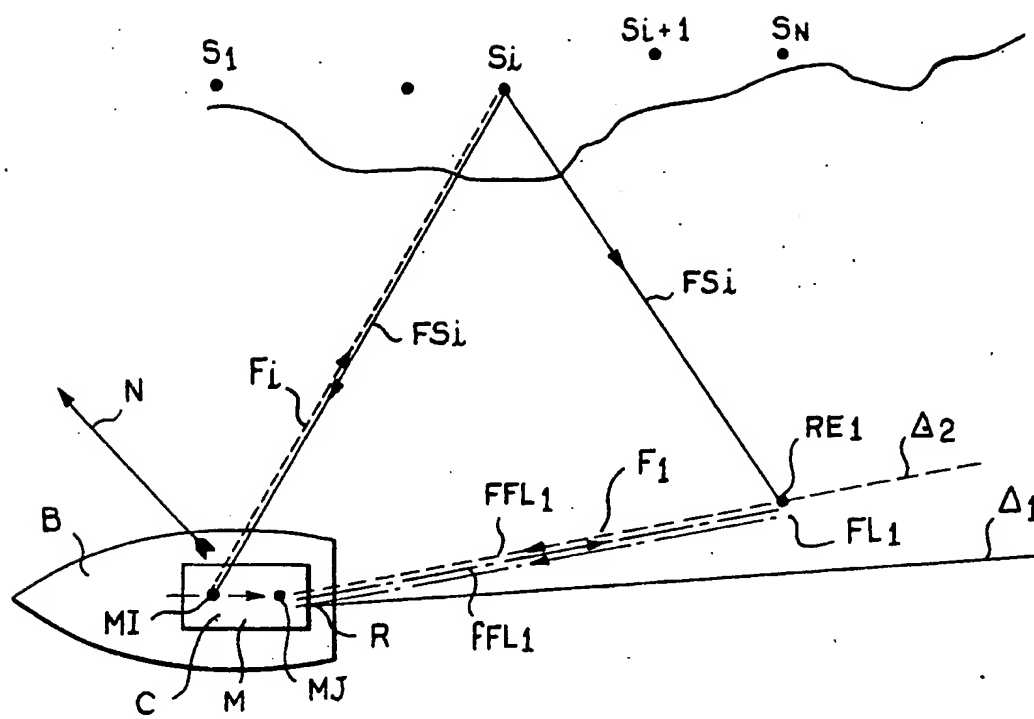


FIG. 1c

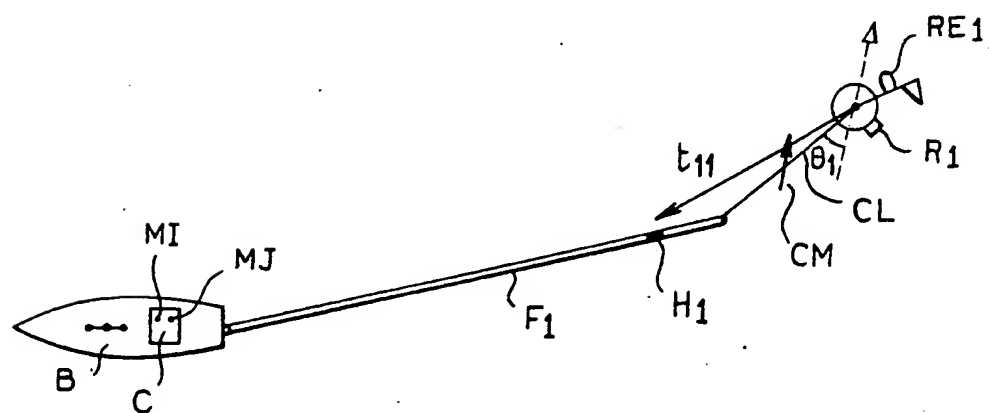
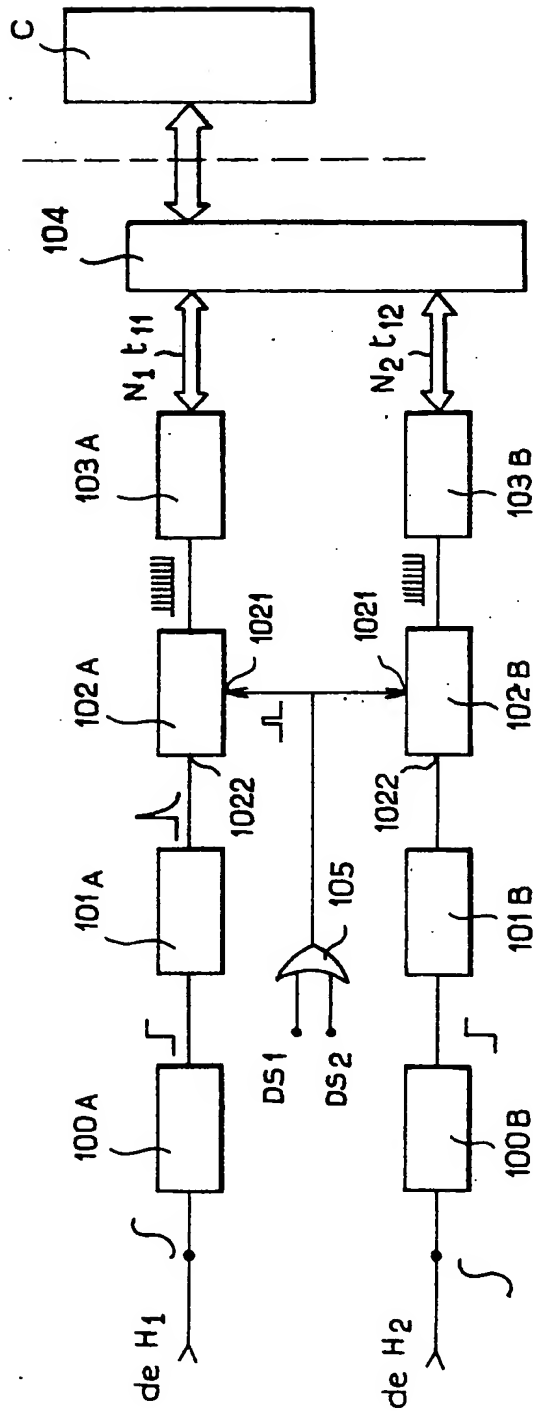


FIG. 1d

FIG. 2

